

ANALISIS KESTABILAN DAN SOLUSI APROKSIMASI PADA MODEL MATEMATIKA KECANDUAN MEDIA SOSIAL MENGUNAKAN METODE PERTURBASI HOMOTOPI

Musdalifa Pagga¹, Syamsuddin Toaha², Kasbawati³
Matematika^{1,2,3}, Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam^{1,2}, Universitas
Hasanuddin^{1,2}
musdalifapagga1@gmail.com¹, syamsuddint@gmail.com²,
kasbawati@gmail.com³

Abstrak

Kecanduan adalah perilaku adiktif yang mudah menjadi kebiasaan. Kecanduan internet sebagai media sosial dapat menyebabkan gangguan jiwa seiring dengan bertambahnya jumlah penggunaannya dan dampak yang terjadi juga sangat berbahaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengamati fenomena tersebut melalui pendekatan pemodelan matematika. Beberapa parameter yang mempengaruhi bilangan reproduksi dasar (R_0), dianalisa dan diuji sensitivitasnya terhadap indikator tingginya tingkat kecanduan media sosial. Dari hasil analisis sensitivitas ditemukan bahwa parameter β memiliki hubungan positif dengan R_0 , yang artinya ketika parameter β dinaikan maka R_0 juga meningkat. Sedangkan parameter ω memiliki hubungan negatif dengan R_0 yang artinya ketika nilai parameter ω dinaikan maka nilai R_0 akan menurun. Solusi numerik model matematika kecanduan media sosial diperoleh menggunakan metode perturbasi homotopi. Hasil yang diperoleh bahwa ketika orde solusi ditingkatkan maka tingkat solusi yang diperoleh cukup tinggi.

Kata Kunci: Model Kecanduan Sosial, Uji Sensitivitas, bilangan reproduksi dasar (R_0), Analisis Kestabilan, Metode Perturbasi Homotopy.

A. Pendahuluan

Pemodelan matematika adalah salah satu tahap dari pemecahan masalah matematika yang merupakan pengembangan dari aljabar, analisis dan persamaan diferensial karena pemodelan matematika berisikan penerapan aplikasi dari bidang tersebut (Side & Rangkuti, 2015). Pemodelan matematika mencoba untuk mewakili dan menjelaskan masalah dunia nyata dalam istilah matematika untuk mendapatkan pemahaman yang lebih akurat tentang masalah dunia nyata (Widowati & Sutimin, 2007). Media sosial adalah sarana bersosialisasi dan ini terjadi secara online, yang

memungkinkan orang untuk berinteraksi satu sama lain tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu (Nimda, 2012).

Kecanduan adalah perilaku adiktif yang mudah menjadi kebiasaan. Menurut penelitian yang dilakukan pada siswa sekolah menengah Amerika berusia 13-17 tahun, 90% dari mereka adalah pengguna media sosial dan 35% dari mereka menggunakan media sosial berulang kali setiap hari, yang memungkinkan remaja untuk mengatasi kecanduan media sosial (Kiracaburun, 2016). Menurut data APJII 2019-2020 tentang penetrasi pengguna internet menurut tingkat pendidikan, sebagian besar survei menemukan anak muda adalah pengguna internet (APJII, 2019-2020).

Kecanduan internet sebagai media sosial dapat menyebabkan gangguan jiwa seiring dengan bertambahnya jumlah penggunaannya. Efeknya dapat menghasilkan termo-provokasi kegembiraan, kecemasan, perubahan suasana hati, gangguan afektif (depresi, kesulitan dalam penyesuaian) dan gangguan kehidupan sosial (Nurmandia, dkk, 2013). Menurut data BPS dari hasil pendataan Survei Susenas 2020, terdapat 53,73 persen populasi Indonesia yang telah mengakses internet di tahun 2020. Adapun data yang dipublikasikan Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) dalam AP Internet Survey Report 2019-2020 (Q2), terdapat 197,271 juta pengguna internet di Indonesia dari total penduduk 266,91 juta jiwa. Artinya pada 2019-2020, lebih dari 50% penduduk Indonesia akan menggunakan internet. Rata-rata orang Indonesia menghabiskan 8 jam atau lebih di internet, seseorang dapat berada pada kategori kecanduan apabila mengakses media sosial berkisar 5-6 jam sehari (Syamsoedin, dkk, 2015).

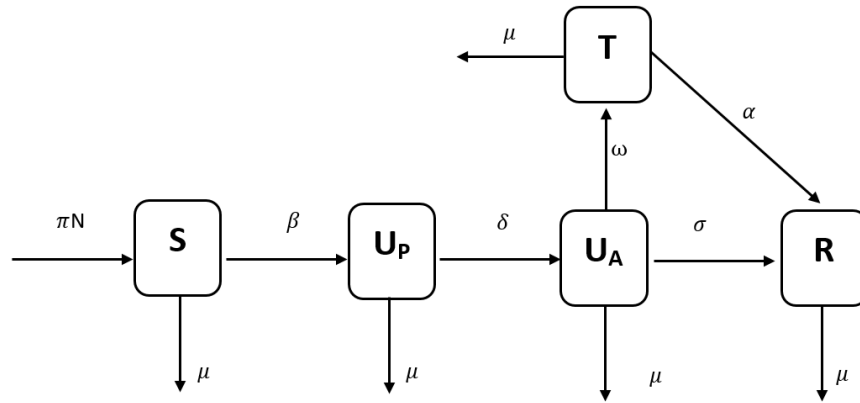
Penelitian ini mengembangkan model matematika yang telah dilakukan oleh Alemneh & Alemu, (2020) dengan judul “*Mathematical modeling with optimal kontrol analysis of sosial media addiction*”. Pada model matematika yang dibangun oleh Alemneh & Alemu, (2020) kelompok individu dibagi menjadi 5 kelas, yaitu kelas SEARQ (Susceptible, Exposed, Addicted, Recovered dan Quit). Pada penelitian ini model matematika yang diteliti yaitu Model $SU_p U_A TR$ (*Susceptible, User Pasif, User Aktif, Treatment dan Recovered*) dan juga mencari solusi numerik menggunakan metode perturbasi homotopi.

B. Metode Penelitian

Model $SU_P U_A$ TR merupakan pengembangan dari model SEARQ yaitu model matematika dan kecanduan media sosial. Model SEARQ membagi kasus menjadi 5 kelas, yaitu kelas *Susceptible* (S) atau individu yang tidak kecanduan media sosial tetapi rentan terhadap kecanduan media sosial, *Exposed* (E) atau individu yang lebih jarang menggunakan media sosial tetapi tidak sampai pada tahap kecanduan, *Addicted* (A) atau individu yang kecanduan media sosial dan menghabiskan sebagian besar waktunya untuk bermain media sosial, *Recovered* (R) atau individu yang telah sembuh dari kecanduan media sosial dan *Quit* (Q) atau individu yang secara permanen tidak menggunakan dan berhenti menggunakan sosial media (Alemneh dan Alemu, 2020). Sedangkan pada model ini menambahkan kompartemen $T(treatment)$ atau individu yang melakukan pengobatan untuk meningkatkan kontrol diri terhadap sosial media selanjutnya kelas $E(exposed)$ di istilahkan sebagai U_P (*user pasif*) atau individu yang jarang menggunakan sosial media, dan kelas *Addicted* (A) di istilahkan sebagai U_A (*user aktif*) atau individu yang kecanduan sosial media.

Adapun asumsi yang digunakan untuk membangun model kecanduan media sosial sebagai berikut:

1. Populasi dibagi menjadi 5 subpopulasi yaitu *Susceptible*, *User Pasif*, *User Aktif*, *Treatment*, *Recovered*.
2. Individu yang menggunakan media sosial adalah berpotensi kecanduan media sosial.
3. Individu yang menggunakan media sosial total kurang dari 6 jam dalam sehari adalah individu yang memiliki gejala kecanduan media sosial.
4. Individu yang kecanduan media sosial adalah individu yang mengakses media sosial total 6 jam atau lebih dalam sehari.
5. Individu yang sembuh dari kecanduan media sosial yaitu individu yang dapat mengurangi waktu bermain dan dapat fokus saat mengerjakan suatu pekerjaan.
6. individu yang masih kecanduan media sosial melakukan treatment untuk meningkatkan kontrol diri.
7. Individu yang sembuh telah memiliki kontrol diri yang tinggi sehingga individu lebih bijak dalam menggunakan media sosial.



Gambar 1. Skema Model Kecanduan Media Sosial

Keterangan variabel dan parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan Variabel

Variabel/ Parameter	Keterangan	Satuan
$S(t)$	Jumlah individu yang berpotensi kecanduan media social	Orang
$U_P(t)$	Jumlah individu yang jarang menggunakan media social	Orang
$U_A(t)$	Jumlah individu yang kecanduan media sosial	Orang
$T(t)$	Jumlah individu yang melakukan treatment karena kurangnya kontrol diri.	Orang
$R(t)$	Jumlah individu yang pulih dari kecanduan media sosial atau memiliki kontrol diri tinggi	Orang
$N(t)$	Total individu	Orang

Tabel 2. Keteranga Nilai Parameter

Parameter	Keterangan	Nilai	Satuan
π	Laju individu yang memiliki media social	0,9	$\frac{1}{\text{bulan}}$
β	Laju individu yang menggunakan media sosial karena pengaruh sekitar	0,6	$\frac{1}{\text{orang.bulan}}$
δ	Laju individu yang mengakses media sosial total 6 jam atau lebih dalam sehari	0,25	$\frac{1}{\text{bulan}}$
σ	Laju individu yang mengurangi waktu bermain	0,2	$\frac{1}{\text{bulan}}$
ω	Laju individu yang melakukan treatment	0,5	$\frac{1}{\text{bulan}}$
α	Laju individu yang mampu mengontrol diri dari media sosial	0,7	$\frac{1}{\text{bulan}}$
μ	Laju individu yang berhenti menggunakan media sosial	0,25	$\frac{1}{\text{bulan}}$

Jadi diperoleh model matematika kecanduan media sosial diberikan oleh persamaan (2.1).

$$\begin{aligned}
 \frac{dS(t)}{dt} &= \pi N - (\mu + \beta U_A)S, \\
 \frac{dU_P(t)}{dt} &= \beta S U_A - (\mu + \delta)U_P, \\
 \frac{dU_A(t)}{dt} &= \delta U_P - (\mu + \sigma + \omega)U_A, \\
 \frac{dT(t)}{dt} &= \omega U_A - (\mu + \alpha)T, \\
 \frac{dR(t)}{dt} &= \sigma U_A + \alpha T - \mu R.
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Selanjutnya dilakukan normalisasi dengan cara mensubstitusi variable tak berdimensi sebagai berikut :

$$s = \frac{S(t)}{N(t)}, u_P = \frac{U_P(t)}{N(t)}, u_A = \frac{U_A(t)}{N(t)}, t = \frac{T(t)}{N(t)}, r = \frac{R(t)}{N(t)},$$

Jadi diperoleh sistem persamaan differensial nonlinear sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{ds(t)}{dt} &= \pi - (\mu + \beta u_A)s, \\
 \frac{du_P(t)}{dt} &= \beta s u_A - (\mu + \delta)u_P, \\
 \frac{du_A(t)}{dt} &= \delta u_P - (\mu + \sigma + \omega)u_A, \\
 \frac{dt(t)}{dt} &= \omega u_A - (\mu + \alpha)t, \\
 \frac{dr(t)}{dt} &= \sigma u_A + \alpha t - \mu r.
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

C. Hasil Dan Pembahasan

1. Titik Keseimbangan Model dan Analisis Kestabilan

Titik keseimbangan bebas kecanduan dan titik keseimbangan kecanduan pada sistem persamaan (2.1) akan dicari dan dianalisis kestabilannya. Titik keseimbangan bebas kecanduan terjadi ketika memenuhi ketika $\frac{ds}{dt} = 0, \frac{du_P}{dt} = 0, \frac{du_A}{dt} = 0, \frac{dt}{dt} = 0, \frac{dr}{dt} = 0$. Titik keseimbangan bebas kecanduan merupakan suatu keadaan dimana semua variabel yang berhubungan dengan kecanduan media sosial bernilai nol atau pada itu kecanduan media sosial tidak terjadi dalam populasi, sehingga diperoleh titik keseimbangan bebas kecanduan, yaitu $E_0 = \left(\frac{\pi}{\mu}, 0, 0, 0, 0\right)$.

Titik keseimbangan kecanduan media sosial adalah suatu keadaan dimana terjadi kecanduan media sosial di dalam populasi dan terjadi pada saat $u_P > 0$ dan

$u_A > 0$. Dari persamaan (2.1) dapat diperoleh titik kesetimbangan kecanduan media sosial yaitu

$$E_1 = \left(\frac{\pi}{\mu + \beta u_A}, \frac{\beta u_A \pi}{(\mu + \delta)(\mu + \beta)}, \frac{\delta \beta u_A \pi}{(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \delta)(\mu + \beta)}, \frac{\omega \delta \beta u_A \pi}{(\mu + \alpha)(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \delta)(\mu + \beta)}, \frac{\sigma \delta \beta u_A \pi (\mu + \alpha) + \alpha \omega \delta \beta u_A \pi}{(\mu + \gamma)(\mu + \alpha)(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \delta)(\mu + \beta)} \right).$$

Selanjutnya akan ditentukan matriks Jacobian melalui linearisasi di sekitar titik kesetimbangan bebas kecanduan, jadi persamaan (2.2) dilinearkan.

Jadi diperoleh matriks Jacobiannya yaitu:

$$JE_0 = \begin{bmatrix} -\mu & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\mu - \delta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \delta & -\mu - \sigma - \omega & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega & -\mu - \alpha & 0 \\ 0 & 0 & \sigma & \alpha & -\mu \end{bmatrix}.$$

Jadi $\det(\lambda I - JE_0) = 0$.

$$\det \begin{pmatrix} \lambda + \mu & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda + \mu + \delta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\delta & \lambda + \mu + \sigma + \omega & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\omega & \lambda + \mu + \alpha & 0 \\ 0 & 0 & -\sigma & -\alpha & \lambda + \mu \end{pmatrix} = 0,$$

$$(\lambda + \mu)(\lambda + \mu + \delta)(\lambda + \mu + \sigma + \omega)(\lambda + \mu + \alpha)(\lambda + \mu) = 0.$$

Jadi diperoleh nilai eigen sebagai berikut :

$$\lambda_1 = -\mu, \lambda_2 = -\mu - \delta, \lambda_3 = -\mu - \sigma - \omega, \lambda_4 = -\mu - \alpha, \lambda_5 = -\mu.$$

Suatu sistem dikatakan stabil, jika setiap nilai eigen real adalah negatif ($\lambda_i < 0$) untuk semua $i = 1, 2, 3, 4$ dan 5. Karena semua parameter yang digunakan bernilai positif maka λ_1 sampai λ_5 bernilai negatif sehingga titik kesetimbangan kecanduan $E_0 = \left(\frac{\pi}{\mu}, 0, 0, 0, 0 \right)$ bersifat stabil asimtotik.

Selanjutnya akan ditentukan matriks Jacobian melalui linearisasi di sekitar titik kesetimbangan kecanduan, jadi persamaan (2.2) dilinearkan sebagai berikut:

Jadi diperoleh matriks Jacobiannya yaitu:

$$JE_1 = \begin{bmatrix} -\mu - \beta u_A & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta u_A & -\mu - \delta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \delta & -\mu - \sigma - \omega & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \omega & -\mu - \alpha & 0 \\ 0 & 0 & \sigma & \alpha & -\mu \end{bmatrix}.$$

Jadi $\det(\lambda I - JE_1) = 0$.

$$\det \begin{pmatrix} \lambda + \mu + \beta u_A & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta u_A & \lambda + \mu + \delta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\delta & \lambda + \mu + \sigma + \omega & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\omega & \lambda + \mu + \alpha & 0 \\ 0 & 0 & -\sigma & -\alpha & \lambda + \mu \end{pmatrix} = 0,$$

$$(\lambda + \mu + \beta u_A)(\lambda + \mu + \delta)(\lambda + \mu + \sigma + \omega)(\lambda + \mu + \alpha)(\lambda + \mu) = 0.$$

Jadi diperoleh nilai eigen sebagai berikut :

$$\lambda_1 = -\mu - \beta u_A, \lambda_2 = -\mu - \delta, \lambda_3 = -\mu - \sigma - \omega, \lambda_4 = -\mu - \alpha, \lambda_5 = -\mu.$$

Suatu sistem dikatakan stabil, jika setiap nilai eigen real adalah negatif ($\lambda_i < 0$) untuk semua $i = 1, 2, 3, 4$ dan 5. Karena semua parameter yang digunakan bernilai positif maka λ_1 sampai λ_5 bernilai negatif sehingga titik kesetimbangan kecanduan $E_1 = \left(\frac{\pi}{\mu + \beta u_A}, \frac{\beta u_A \pi}{(\mu + \delta)(\mu + \beta)}, \frac{\delta \beta u \pi}{(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \delta)(\mu + \beta)}, \frac{\omega \delta \beta u_A \pi}{(\mu + \alpha)(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \delta)(\mu + \beta)}, \frac{\sigma \delta \beta u_A \pi (\mu + \alpha) + \alpha \omega \delta \beta u_A \pi}{(\mu + \gamma)(\mu + \alpha)(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \delta)(\mu + \beta)} \right)$ bersifat stabil asimtotik.

2. Penentuan Bilangan Reproduksi Dasar dan Sensitivitasnya

Perhitungan bilangan reproduksi dasar merupakan hasil linearisasi sistem persamaan diferensial yang berdasarkan titik kesetimbangan bebas kecanduan. Penentuan bilangan reproduksi dasar R_0 dilakukan menggunakan pendekatan matriks *The Next Generation*, bilangan R_0 dinyatakan sebagai $R_0 = \rho(FV^{-1})$, dengan $\rho(FV^{-1})$, adalah spectral radius atau nilai eigen terbesar dari matriks FV^{-1} (Driessche dan Watmough, 2002).

Selanjutnya subpopulasi kecanduan dari persamaan (2.2), yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{du_P}{dt} &= \beta s u_A - (\mu + \delta) u_P, \\ \frac{du_A}{dt} &= \delta u - (\mu + \sigma + \omega) u_A, \\ \frac{dt(t)}{dt} &= \omega u_A - (\mu + \alpha) t. \end{aligned}$$

Misalkan $\mathcal{F}_i(x)$ adalah laju penambahan individu kecanduan baru pada kompartemen u_A dan $\mathcal{V}_i(x)$ laju perpindahan individu pada kompartemen u_A , sehingga diperoleh $\mathcal{F}_i(x)$ dan $\mathcal{V}_i(x)$ sebagai berikut:

$$\mathcal{F}_i(x) = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta s u_A \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (2.3)$$

$$\mathcal{V}_i(x) = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\mu + \delta)u_P \\ (\mu + \sigma + \omega)u_A - \delta u_P \\ (\mu + \alpha)t - \omega u_A \end{bmatrix}. \quad (2.4)$$

Selanjutnya dari persamaan (2.3) dan (2.4) dapat diperoleh matriks F dan V berdasarkan titik E_0 sebagai berikut:

$$F = \frac{\partial F_1(E_0)}{\partial(u_P, u_A, t)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial u} & \frac{\partial F_1}{\partial r} & \frac{\partial F_1}{\partial t} \\ \frac{\partial F_2}{\partial u} & \frac{\partial F_2}{\partial r} & \frac{\partial F_2}{\partial t} \\ \frac{\partial F_3}{\partial u} & \frac{\partial F_3}{\partial r} & \frac{\partial F_3}{\partial t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\beta\pi}{\mu} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2.5)$$

$$V = \frac{\partial V_1(E_0)}{\partial(u_P, u_A, t)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial V_1}{\partial u} & \frac{\partial V_1}{\partial r} & \frac{\partial V_1}{\partial t} \\ \frac{\partial V_2}{\partial u} & \frac{\partial V_2}{\partial r} & \frac{\partial V_2}{\partial t} \\ \frac{\partial V_3}{\partial u} & \frac{\partial V_3}{\partial r} & \frac{\partial V_3}{\partial t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu + \delta & 0 & 0 \\ -\delta & \mu + \sigma + \omega & 0 \\ 0 & -\omega & \mu + \alpha \end{bmatrix}. \quad (2.6)$$

Invers dari matriks V adalah:

$$V^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{(\mu + \delta)} & 0 & 0 \\ \frac{\delta}{(\mu + \delta)(\mu + \sigma + \omega)} & \frac{1}{(\mu + \sigma + \omega)} & 0 \\ \frac{\delta\omega}{(\mu + \delta)(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \alpha)} & \frac{\omega}{(\mu + \sigma + \omega)(\mu + \alpha)} & \frac{1}{(\mu + \alpha)} \end{bmatrix}. \quad (2.7)$$

Kemudian K adalah matriks generasi, $K = F \times V^{-1}$ sehingga diperoleh

$$K = \begin{bmatrix} \frac{\beta\pi\delta}{\mu(\mu + \delta)(\mu + \sigma + \omega)} & \frac{\beta\pi}{\mu(\mu + \sigma + \omega)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (2.8)$$

Selanjutnya, persamaan karakteristik dari K adalah sebagai berikut

$$\det(\lambda I - K) = 0. \\ \left[\begin{array}{ccc} \lambda - \frac{\beta\pi\delta}{\mu(\mu + \delta)(\mu + \sigma + \omega)} & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 0 \\ 0 & 0 & \lambda \end{array} \right] = 0, \text{ atau } \left(\lambda - \frac{\beta\pi\delta}{\mu(\mu + \delta)(\mu + \sigma + \omega)} \right) \lambda^2 = 0. \quad (2.9)$$

Berdasarkan persamaan karakteristik tersebut diperoleh akar-akar persamaan yaitu

$$\lambda_1 = \lambda_2 = 0, \lambda_3 = \frac{\beta\pi\delta}{\mu(\mu + \delta)(\mu + \sigma + \omega)}. \quad (2.10)$$

Karena bilangan R_0 merupakan radius spectral atau nilai eigen terbesar dari K , maka diperoleh bilangan reproduksi dasar adalah

$$R_0 = \frac{\beta\pi\delta}{\mu(\mu + \delta)(\mu + \sigma + \omega)}.$$

Selanjutnya analisis sensitivitas dilakukan untuk menunjukkan pengaruh parameter-parameter terhadap bilangan reproduksi dasar.

Definisi 1. *Normalisasi indeks sensitivitas diperoleh dengan normalisasi dari variabel v yang terdiferensial oleh parameter p , yang didefinisikan sebagai berikut;*

$$C_p^v = \frac{\partial v}{\partial p} \times \frac{p}{v} \quad (2.12)$$

dimana v adalah variabel yang akan dianalisis dengan p (Alemneh & Alemu, 2021)

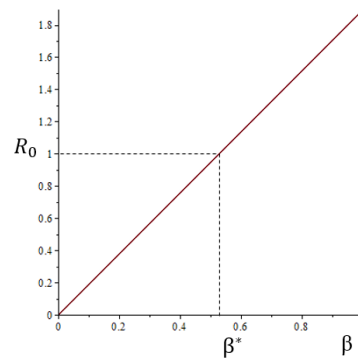
Selanjutnya, berdasarkan model penyebaran model kecanduan media sosial, variabel yang akan diukur adalah bilangan R_0 terhadap parameter yang mempengaruhi. Adapun hasil analisis sensitivitas sebagai berikut

$$\begin{aligned} C_{\beta}^{R_0} &= \frac{\partial R_0}{\partial \beta} \times \frac{\beta}{R_0} = 1, \\ C_{\pi}^{R_0} &= \frac{\partial R_0}{\partial \pi} \times \frac{\pi}{R_0} = 1, \\ C_{\omega}^{R_0} &= \frac{\partial R_0}{\partial \omega} \times \frac{\omega}{R_0} = -\frac{\omega}{(\mu + \sigma + \omega)}. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa parameter yang memiliki hubungan positif terhadap R_0 ialah laju individu yang menggunakan media sosial karena pengaruh sekitar (β) dan laju individu yang memiliki media sosial (π), artinya jika nilai parameter tersebut dinaikan maka nilai R_0 akan meningkat. Adapun parameter yang memiliki hubungan negatif terhadap R_0 ialah laju individu yang melakukan treatment (ω), artinya apabila nilai parameter tersebut dinaikan maka nilai R_0 akan menurun.

3. Simulasi Numerik Model Matematika Kecanduan Media Sosial

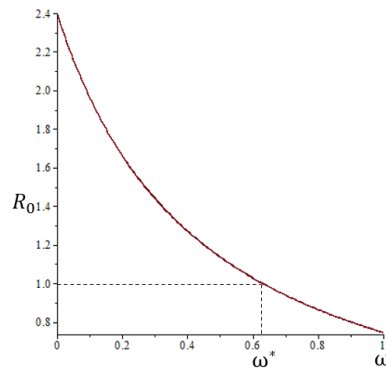
Simulasi numerik bertujuan melihat pengaruh laju individu yang menggunakan media sosial karena pengaruh sekitar (β) dan laju individu yang melakukan treatment (ω) terhadap tingkat kecanduan media sosial secara sistematis yang dapat ditinjau dari analisis sensitivitas parameter terhadap bilangan reproduksi dasar (R_0). Simulasi untuk mencari R_0 menggunakan nilai parameter pada Tabel 3, sehingga diperoleh nilai $R_0 = 1,13684$. Selanjutnya akan disimulasikan parameter β dan ω diberikan nilai yang berbeda-beda untuk mengamati sensitivitas parameter tersebut pada nilai R_0 . Adapun Nilai awal yang digunakan yaitu $s=1000$, $u_p = 50$, $u_A = 0$, $t = 0$, $r = 0$.



Gambar 2. Analisis sensitivitas parameter β terhadap R_0

Dari Gambar 2 dapat ditarik kesimpulan karena parameter β memiliki hubungan positif terhadap R_0 , jika nilai parameter β ditingkatkan maka nilai R_0 juga meningkat, sehingga semakin tinggi nilai yang diberikan pada parameter β maka peluang kecanduan media sosial sangat meningkat. Jadi diperoleh hasil pada saat nilai parameter laju individu yang menggunakan media sosial karena pengaruh sekitar diberi nilai 0,9 maka nilai R_0 yang diperoleh lebih besar dari 1, yang artinya semakin meningkat pula individu untuk kecenderungan kecanduan mengakses media sosial.

Selanjutnya jika parameter laju individu yang menggunakan media sosial karena pengaruh sekitar diturunkan menjadi 0,4 maka semakin merurun pula tingkat penularan kecenderungan kecanduan mengakses media sosial, hal ini dapat dilihat dari nilai R_0 yang diperoleh ialah $R_0 < 1$. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai parameter β , semakin besar kemungkinan kecanduan media sosial. Hal ini terlihat pada analisis uji sensitivitas R_0 untuk parameter (β) yang memiliki hubungan positif dengan nilai R_0 , yang artinya semakin besar nilai parameter β maka nilai R_0 semakin meningkat .



Gambar 3. Analisis sensitivitas parameter ω terhadap R_0

Dari Gambar 3 dapat ditarik kesimpulan bahwa kesimpulan karena parameter ω memiliki hubungan negatif terhadap R_0 , jika nilai parameter ω ditingkatkan maka nilai R_0 akan menurun yang artinya semakin menurun pula tingkat kecanduan media sosial. Hal ini dapat dilihat dari hasil yang diperoleh ketika parameter ω diberikan nilai sebesar 0,09 maka nilai R_0 yang di peroleh lebih besar dari 1, yang artinya semakin meningkat pula individu untuk kecenderungan kecanduan mengakses media sosial.

Selanjutnya jika nilai parameter dinaikan sebesar 0,9 maka nilai R_0 yang di peroleh ialah $R_0 > 1$, atau kecenderungan kecanduan media sosial bisa hilang dalam populasi atau peluang berkurangnya orang yang kecenderungan kecanduan media sosial. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai yang diberikan pada parameter ω maka peluang kecanduan media sosial akan menurun. Ini dapat dilihat dari analisis uji sensitivitas R_0 terhadap parameter (ω) yang memiliki hubungan negatif terhadap nilai bilangan R_0 , maknanya apabila nilai parameter dinaikkan, maka nilai R_0 akan menurun.

4. Simulasi Numerik Menggunakan Metode Petrurbasi Homotopi

Model matematika kecanduan media sosial yang ada pada persamaan (2.2) dan menggunakan nilai parameter pada Tabel 2 dengan nilai awal $s=1000$, $u_p = 50$, $u_A = 0$, $t = 0$, $r = 0$ akan diselesaikan menggunakan metode perturbasi homotopi.

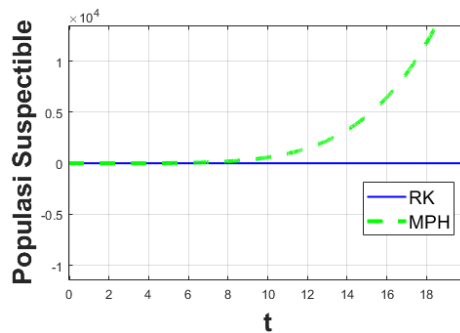
Dengan syarat awal :

$$\begin{aligned}
 s_0(t) &= V_{1,0}(t) = V_1(0) = c_1, \\
 u_{p_0}(t) &= V_{2,0}(t) = V_2(0) = c_2, \\
 u_{A_0}(t) &= V_{3,0}(t) = V_3(0) = c_3, \\
 t_0(t) &= V_{4,0}(t) = V_4(0) = c_4, \\
 r_0(t) &= V_{5,0}(t) = V_5(0) = c_5.
 \end{aligned} \tag{2.14}$$

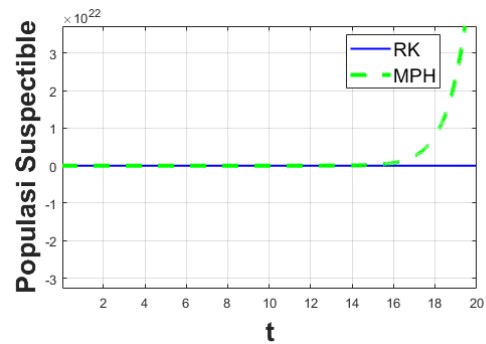
Maka penyelesaian dari metode perturbasi yang di peroleh adalah :

$$\begin{aligned}
 s(t) &= \sum_{j=0}^5 V_{1,j} = 0,9523809524 + 0,6619047619 t - 0,1722789116 t^2 \\
 &\quad + 0,04820578233 t^3 - 0,01600868562 t^4 + 0,007014525622 t^5 + \dots, \\
 u_p(t) &= \sum_{j=0}^5 V_{2,j} = 0,0476190476 - 0,02380952380 t + 0,01870748299 t^2 \\
 &\quad - 0,01448979592 t^3 + 0,01120213800 t^4 - 0,008613423222 t^5 + \dots \\
 u_A(t) &= \sum_{j=0}^5 V_{3,j} = 0,0119047619 t - 0,01726190476 t^2 + 0,02107568027 t^3 \\
 &\quad + 0,02364434524 t^4 + 0,025266266248 t^5 + \dots, \\
 t(t) &= \sum_{j=0}^5 V_{4,j} = 0,005952380959 t^2 - 0,01428571428 t^3 + 0,02410926871 t^4 \\
 &\quad - 0,03472597790 t^5 + \dots, \\
 r(t) &= \sum_{j=0}^5 V_{5,j} = 0,002380952380 t^2 + 0,0001190476180 t^3 - 0,005814625846 t^4 \\
 &\quad + 0,01360127551 t^5 + \dots.
 \end{aligned}$$

Maka hasil grafiknya yang di peroleh untuk setiap populasi sebagai berikut :

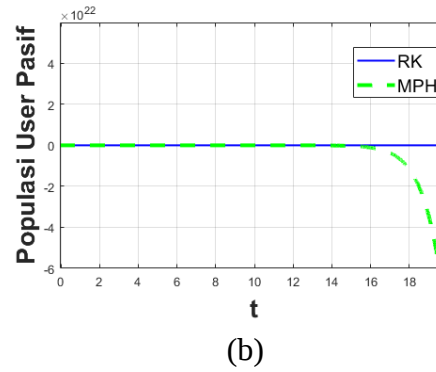
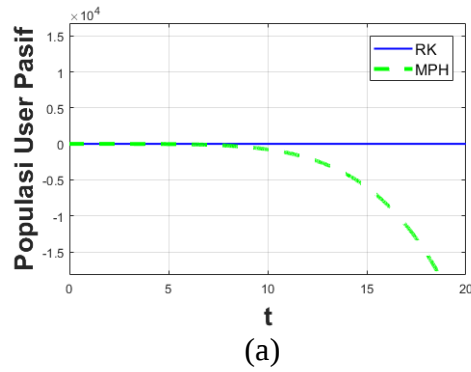


(a)

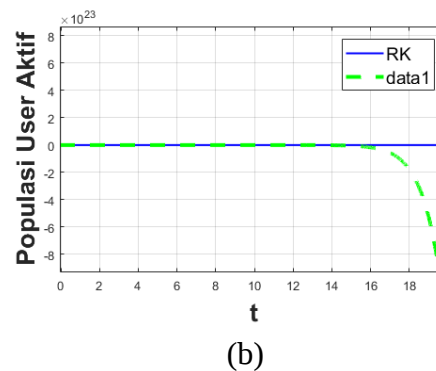
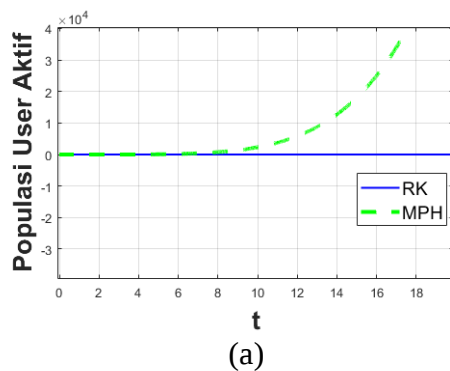


(a)

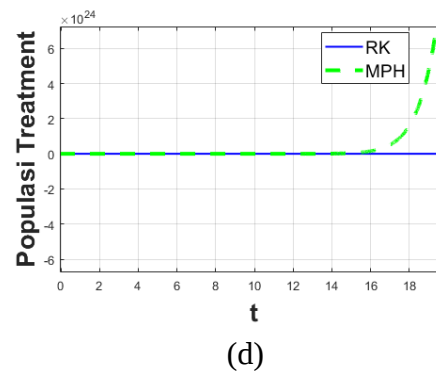
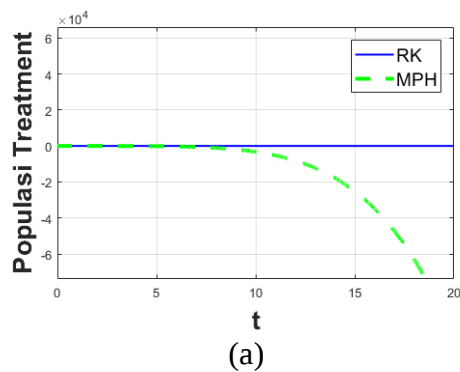
Gambar 4. (a) Grafik Solusi sampai suku ke 5, (b) Grafik Solusi sampai suku ke 20



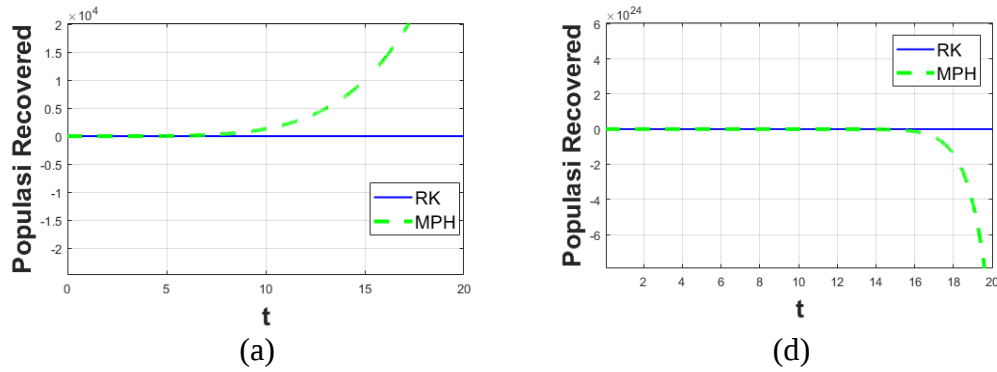
Gambar 5. (a) Grafik Solusi sampai suku ke 5, (b) Grafik Solusi sampai suku ke 20



Gambar 6. (a) Grafik Solusi sampai suku ke 5, (b) Grafik Solusi sampai suku ke 20



Gambar 7. (a) Grafik Solusi sampai suku ke 5, (b) Grafik Solusi sampai suku ke 20



Gambar 8. (a) Grafik Solusi sampai suku ke 5, (b) Grafik Solusi sampai suku ke 20

Gambar 4-8 adalah grafik solusi aproksimasi untuk setiap populasi menggunakan metode perturbasi homotopi sampai suku ke 5 dan suku ke 20, dari hasil grafik di peroleh bahwa rata-rata solusi hingga suku ke 5 dari metode perturbasi homotopi berhimpit dengan metode Runge Kutta hanya sampai pada saat $t=8$, ketika t melebihi 8 maka solusi yang di peroleh mulai tidak akurat atau eror pada metode perturbasi homotopi mulai membesar. Namun ketika solusinya di tingkatkan hingga suku ke 20 maka rata-rata hasil solusi yang di peroleh juga meningkat hingga pada waktu $t=16$.

D. Kesimpulan

Model matematika kecanduan media sosial $SU_p U_A TR$ merupakan pengembangan dari model SEARQ yaitu model matematika dan kecanduan media sosial dengan dari Alemneh dan Alemu, 2020. Sedangkan pada model ini menambahkan kompartemen T (*treatment*) atau individu yang melakukan pengobatan untuk meningkarkan kontrol diri terhadap sosial media karena dapat menekan penurunan kecanduan media sosial. Hasil dari penelitian model matematika kecanduan media sosial diperoleh dua titik kesetimbangan yaitu titik kesetimbangan bebas kecanduan dan titik kesetimbangan kecanduan. Pada penelitian ini titik kesetimbangan yang stabil adalah titik kesetimbangan kecanduan karena nilai R_0 yang diperoleh lebih besar dari 1.

Nilai bilangan R_0 yang diperoleh adalah 1,13684 artinya masih terdapat individu yang kecanduan media sosial di dalam populasi. Solusi numerik model matematika kecanduan penggunaan media sosial menggunakan metode perturbasi

homotopi di peroleh hasil bahwa rata-rata solusi dari metode perturbasi homotopi berhimpit dengan metode Runge Kutta hanya sampai pada saat $t = 8$, ketika t melebihi 8 maka solusi yang di peroleh mulai tidak akurat atau eror pada metode perturbasi homotopi mulai membesar.

Daftar Pustaka

- Alemneh, H, T., & Alemu, N, Y,. (2021). Mathematical modeling with optimal kontrol analysis of sosial media addiction. *KeAi Publishing*, vol-6 (2021) 405-419.
- APJII. (2020). *LAPORAN SURVEI INTERNET APJII 2019 – 2020 (Q2)*. Jakarta: Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia.
- BPS. (2020). *Statistika Telekomunikasi Indonesia*. BPS-Statistics Indonesia.
- Driessche, P dan Watmough , J. (2002). *Reproduction Numbers and Sub-threshold Endemic Equilibria for Compartment Models of Disease Transmission*. Mathematical Biosciences. 180: 29-48.
- Kiracaburun, K. (2016). Self esteem, daily internet use and sosial media addiction as predictors of depression among Turkish adolescents. *Journal of Education and Practice*, 7(24), 64–72.
- Nimda. (2012). *Apa itu Sosial Media*. Universitas Pasundan Bandung. <https://www.unpas.ac.id/apa-itu-sosial-media/> . Diakses tanggal 2021-12-1.
- Nurmandia, H., Wigati, D., & Maslucha, L. (2013). Hubungan antara Kemampuan Sosialisasi dengan Kecanduan Jejaring Sosial. *Jurnal Penelitian Psikologi*, 4 (2), 107-119.
- Side, S., & Rangkuti, Y.M. (2015). *Pemodelan Matematika dan Solusi Numerik untuk Penularan Demam Berdarah*. Medan: Perdana Publishing.
- Syamsoedin, W. K. P., Bidjuni, H., & Wowiling, F. (2015). Hubungan Durasi Penggunaan Media Sosial dengan Kejadian Insomnia Pada Remaja di SMA Negeri 9 Manado. *Jurnal Keperawatan*, 3(1).
- Widowati & Sutimin. (2007). *Buku Aljabar Pemodelan Matematika*. Universitas Diponegoro Semarang.